

Investigando dragones: una propuesta para construir una visión adecuada de la Naturaleza de la Ciencia en Educación Secundaria

Marta Romero Ariza¹ y Ángel Vázquez Alonso²

¹Universidad de Jaén (España), mrromero@ujaen.es. ²Universidad de Las Islas Baleares (España)

[Recibido en abril de 2012, aceptado en septiembre de 2012]

Este trabajo describe una unidad didáctica, diseñada para mejorar la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia y ayudar a estudiantes de Educación Secundaria a aprender ideas adecuadas en torno a los conceptos de hipótesis, teoría y ley científica. La secuencia de enseñanza-aprendizaje involucra a los estudiantes en un proceso de investigación sobre la capacidad reproductiva de los dragones en el que tendrán que formular hipótesis, analizar datos y extraer conclusiones, coherentes con las evidencias disponibles. Se propone una metodología centrada en el estudiante donde el docente desempeña un papel de guía y motivador, favoreciendo el desarrollo de competencias científicas en el alumnado y facilitando la distinción significativa entre los conceptos de hipótesis, ley y teoría científica.

Palabras clave: Naturaleza de la Ciencia (NdC); hipótesis, teoría y ley; alfabetización científica; competencias científicas; secuencia de enseñanza; unidad didáctica

Research on dragons: a teaching sequence to promote the understanding of Nature of Science at Secondary School

This paper presents a teaching sequence explicitly designed to improve the understanding of Nature of Science and support Secondary School students to acquire adequate understanding about scientific hypothesis, theories and laws. The instructional intervention engages students in an inquiry process where they have to formulate hypothesis, analyse data and draw conclusions based on evidence. It is a student-centred methodology where teachers act as facilitators and guides, promoting the development of scientific competences and the meaningful understanding of the terms hypothesis, law and theory.

Keywords: Nature Of Science (NOS); hypothesis, theory and law; scientific literacy; scientific competence; teaching sequence; didactical structure.

Introducción

Comprender la Naturaleza de la Ciencia (NdC de forma abreviada) implica, entre otras cosas, entender los procesos a través de los cuales la ciencia desarrolla conocimiento, apreciar el poder explicativo y predictivo de las teorías científicas, la evolución de éstas con el tiempo y el impacto de los avances de la ciencia en la sociedad. Así mismo, la ciencia es reconocida como una actividad humana, inevitablemente influenciada por el contexto socioeconómico y por las ideologías o los marcos conceptuales imperantes (Vázquez y Manassero, 2012).

Incluir una enseñanza sobre la ciencia misma en el currículo escolar, esto es, sobre la NdC, se ha justificado ampliamente esgrimiendo argumentos cognitivos, utilitarios, democráticos, culturales y axiológicos (Driver, Leach, Millar y Scott, 1996; Vázquez, García-Carmona y Manassero, 2010). No obstante, en una sociedad cada vez más influenciada e impregnada de ciencia y tecnología se hace necesaria una formación explícita sobre la NdC. Además, la alfabetización científica requiere la comprensión de la NdC para permitir a los individuos posicionarse frente a temáticas socio-científicas de interés de forma informada, y tomar decisiones justificadas y responsables.

Sin embargo, a pesar del interés educativo relacionado con el estudio de la NdC, la literatura especializada ha mostrado repetidamente que los ciudadanos en general, los estudiantes en

particular e incluso los docentes, poseen visiones simplistas o deformadas sobre la ciencia (Lederman, 2007).

A la generalizada falta de comprensión de la NdC se unen los obstáculos específicos que el profesorado encuentra para su enseñanza (García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011) y la escasez de materiales educativos explícitamente diseñados para trabajar esta temática.

Dentro del proyecto internacional de investigación *Enseñanza y Aprendizaje sobre La Naturaleza De la Ciencia y Tecnología (EANCYT): Una Investigación Experimental y Longitudinal*, se está llevando a cabo el diseño y pilotaje de una colección de secuencias de enseñanza-aprendizaje o unidades didácticas (UDs), para trabajar las distintas facetas asociadas a una imagen adecuada de la NdC. En concreto, este artículo describe la unidad didáctica titulada “Investigando Dragones”, cuyo principal objetivo es facilitar la distinción entre los conceptos “hipótesis, teoría y ley”, mejorando la comprensión de este aspecto, relacionado con la naturaleza del conocimiento científico.

La secuencia de enseñanza aprendizaje que presentamos involucra al alumnado de Educación Secundaria en un proceso de indagación sobre la capacidad reproductiva de los dragones, en el que tendrá que formular hipótesis, analizar datos y extraer conclusiones. Además, se pide a los estudiantes que propongan un enunciado para describir las relaciones observadas (ley) y una teoría que explique las evidencias disponibles.

Se trata por tanto de una propuesta educativa en la que el alumnado juega un papel activo y reflexivo y el docente adopta un rol de motivador y guía, implicando a los estudiantes en un proceso de indagación, que mejorará su comprensión sobre la NdC y les ayudará a superar algunas ideas erróneas sobre los conceptos de hipótesis, teoría y ley científica.

Fundamento teórico

De acuerdo con Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz (2002), el término “Naturaleza de la Ciencia” hace referencia a la ciencia como una forma de conocimiento, a los valores y creencias inherentes al conocimiento científico y a su validación y desarrollo.

Vázquez, Acevedo y Manassero (2004, p:3) afirman que “*la NdC es un metaconocimiento sobre la ciencia que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la historia, la filosofía y la sociología por especialistas de estas disciplinas, pero también por algunos científicos insignes. La NdC incluye la reflexión sobre los métodos para validar el conocimiento científico, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad* “. Se trata por tanto, de un conocimiento construido fundamentalmente desde fuera de la ciencia, por historiadores, filósofos y sociólogos.

Estos mismos autores señalan en varios de sus trabajos que, debido al carácter interdisciplinar, dialéctico y poliédrico de dicho metaconocimiento, así como a la propia naturaleza compleja y dinámica de la empresa científica, resulta difícil definir con precisión el concepto de NdC. Rudolph (2003) manifestó que no existe una única NdC, de modo que cualquier simplificación constituye una representación parcial de la misma y, de hecho, convive en competencia con otras representaciones también parciales.

No obstante, aceptar la imposibilidad de definir la NdC conlleva la renuncia a enseñar estos contenidos en la educación científica. Por ello se aceptan las posturas que pretenden centrarse en aquellos aspectos de la NdC donde existe un consenso más o menos generalizado y que permiten por tanto, planificar educativamente los rasgos característicos de una visión

apropiada sobre la NdC. La investigación especializada en identificar los aspectos de NdC ha sido resumida y revisada por Vázquez y Manassero (2012).

Una investigación encaminada a establecer empíricamente algunos consensos sobre la NdC utiliza el Cuestionario de Opiniones sobre CTS (COCTS), que es también la estructura de referencia de EANCYT, y una muestra interdisciplinar de jueces expertos (Acevedo et al., 2007a, 2007b; Vázquez et al., 2004, 2005). El COCTS es un instrumento desarrollado empíricamente cuyos ítems y sentencias permiten identificar tanto visiones informadas, como ingenuas de la NdC. Para ello se emplea un criterio empírico muy exigente (dos tercios de los jueces expertos asignan una puntuación igual o superior a 7 en la valoración de los ítems).

La NdC es compleja y sus diferentes aspectos están interrelacionados entre sí, de modo que, aunque la UD de este estudio se centra fundamentalmente en uno de ellos, se hace conveniente la revisión de los principales aspectos ligados a una visión adecuada sobre la NdC. Entre los consensos establecidos (ver una síntesis en Vázquez y Manassero, 2012) cabe destacar, a nivel epistemológico, la afirmación de que el conocimiento científico progresa a partir de hipótesis que se confirman y se refutan. Esta visión no es coherente por tanto, con una visión de la evolución meramente lineal y acumulativa del conocimiento científico. Además, se reconoce la carga teórica de las observaciones científicas, es decir, los científicos pueden observar cosas diferentes si sostienen teorías distintas que guían sus observaciones.

En relación con uno de los aspectos más controvertidos sobre la NdC, el carácter real o inventado del conocimiento científico, el consenso se establece en torno a una postura que se puede identificar con el constructivismo instrumental “los científicos inventan para interpretar”, pero con un matiz de realismo ontológico, “pero no inventan lo que la naturaleza hace”.

Con respecto a las relaciones entre ciencia tecnología y sociedad, se reconocen todas las interacciones posibles entre los tres elementos y también que la influencia tiene lugar en ambos sentidos (Vázquez et al. 2004; Vázquez et al. 2007a, 2007b). Este consenso tiene varias repercusiones:

La ciencia no es una actividad aislada ni totalmente independiente, sino que se ve condicionada por la sociedad, la cultura y las ideologías imperantes (financiación, subvenciones...).

Las estrechas relaciones y mutuas influencias entre ciencia, tecnología y sociedad justifican la alfabetización científica y la formación científica para una ciudadanía responsable. Es importante aprender sobre ciencia y tecnología para desenvolverse mejor en un mundo profundamente influenciado por éstas. Del mismo modo, la adecuada formación en ciencias y sobre la ciencia posibilita la realización de contribuciones más informadas en la participación pública como ciudadanos, al permitir la emisión de opiniones más rigurosas.

La distinción entre los conceptos “hipótesis, teoría y ley” ha suscitado interés en la investigación didáctica sobre NdC, donde Lederman (2007) y colegas han fijado la posición de consenso. Una hipótesis es una conjetura bien informada sobre el comportamiento de un suceso natural; una ley describe una relación o similitud entre diversas entidades; una teoría es un complejo sistema de proposiciones explicativas de un conjunto de sucesos (que pueden incluir la explicación de varias leyes o hipótesis). Mientras hipótesis o leyes pueden ser fácilmente confirmadas por observación, la confirmación de las teorías es más compleja, de modo que se admite que las teorías están empíricamente infra-determinadas por las observaciones.

A pesar de que estos rasgos se consideran asociados a una “ciencia para todos”, también existe un amplio consenso sobre la importancia de ofrecer a los niños y niñas, la oportunidad, el estímulo necesario y la capacidad para aprender ciencia y llegar a ser científicos.

Los trabajos mencionados muestran que, a pesar de la complejidad asociada al constructo NdC, existe suficiente consenso para establecer los rasgos fundamentales asociados a una visión adecuada sobre la NdC.

Compartiendo esta visión y utilizando las dimensiones y categorías sobre la NdC inherentes al COCTS como marco conceptual (Aikenhead y Ryan, 1992), el proyecto de investigación EANCYT está abordando el diseño de un conjunto de UD's para la enseñanza de la NdC en los diversas categorías del marco. La UD titulada “Investigando Dragones” se ubica dentro de la dimensión de epistemología de la ciencia y pretende facilitar la distinción significativa entre hipótesis, teoría y ley, como objetivo didáctico vinculado a una mejora de la comprensión de la NdC.

Fundamento didáctico

Los fundamentos didácticos del proyecto EANCYT conforman un marco teórico aplicado con carácter general al diseño de todas las UD's, que se basa en tres elementos: una estructura de contenidos, una estructura didáctica y la teoría general de las secuencias de enseñanza-aprendizaje.

La estructura conceptual de los contenidos generales para la enseñanza de la NdC adopta la estructura utilizada para evaluar la comprensión de la NdC propuesta por Aikenhead y Ryan (1992) a través del banco de cuestiones en español COCTS. Este instrumento se emplea como criterio de evaluación y como estructura conceptual que incluye dimensiones epistemológicas y sociológicas, en una marco que incluye las siguientes dimensiones: definiciones de ciencia y tecnología y sus relaciones mutuas, epistemología de la ciencia, la influencia de la sociedad sobre la ciencia y la tecnología, la influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad, la educación en ciencia y tecnología, la sociología interna de la ciencia y tecnología. La UD que se presenta aquí corresponde a la dimensión de epistemología de la ciencia, y dentro de ella, al tema de aproximación a las investigaciones científicas (Bennáassar et al., 2012).

La estructura didáctica adopta el “ciclo de aprendizaje 7E” (Eisenkraft, 2003) porque los nombres de sus siete etapas cíclicas empiezan con la letra E. El orden temporal de las etapas es flexiblemente orientativo, pero no estrictamente prescriptivo, por lo que algunas pueden superponerse y desarrollarse conjuntamente:

- Enganchar: motivar e involucrar a los estudiantes, despertar su interés y curiosidad, teniendo en cuenta también su diversidad.
- Elicitar: hacer emerger las concepciones previas de los estudiantes, para diagnosticar las necesidades de los estudiantes en las próximas fases o propiciar la construcción de un aprendizaje significativo.
- Explorar: progresar en la comprensión a través de las actividades de aprendizaje (diseñar proyectos o experimentos, resolver problemas, tomar y analizar datos, sacar conclusiones, desarrollar hipótesis, hacer predicciones, discutir temas, etc.)
- Explicar: usar conceptos, terminología, hechos, leyes, etc. para interpretar y reforzar los resultados de la fase de exploración.

- Elaborar: transferir y aplicar el aprendizaje a nuevos dominios del entorno próximo (proponer preguntas o resolver problemas nuevos).
- Extender: transferir y aplicar el aprendizaje a nuevos dominios, cuestiones y contextos más lejanos de los estudiantes (creatividad).
- Evaluar: aplicar métodos e instrumentos de evaluación formativa a todos los aspectos relevantes del aprendizaje.

Por último, las estructuras didácticas participan del marco teórico general de las secuencias de enseñanza y aprendizaje y las progresiones de aprendizaje descritas por Duschl, Maeng y Sezen (2011). Las estructuras específicas (concepciones del alumnado, características del dominio científico específico, supuestos epistemológicos, perspectivas de aprendizaje, teorías y enfoques pedagógicos, características del contexto educativo, análisis de contenido, motivaciones y limitaciones de la educación) se desarrollan y aplican en el material didáctico que se presenta.

Investigando dragones: una unidad didáctica para comprender la diferencia entre hipótesis, teoría y ley científica

Una vez perfilado el marco teórico que sustenta este trabajo y justificada la necesidad de materiales didácticos que faciliten la comprensión de la NdC, se describe la secuencia de enseñanza y aprendizaje asociada a la UD “Investigando Dragones”.

Enganchar y motivar

Teniendo en cuenta la influencia de los procesos motivacionales sobre el aprendizaje, es conveniente intentar despertar el interés del alumnado sobre la unidad didáctica que se va a trabajar. Con este propósito se propone la siguiente introducción:

Los dragones son criaturas desconocidas y sofisticadas. Su proceso reproductivo es delicado y actualmente se consideran una especie en extinción. Se trata de animales ovíparos, que sólo se pueden reproducir una vez, generando un descendiente por huevo y hasta el momento, se creía que cada dragón hembra era capaz de poner únicamente un huevo a lo largo de su ciclo vital. No obstante, los últimos estudios llevados a cabo por científicos, revelan que existen dragones que pueden poner dos huevos, incluso se han encontrado criaturas que se han reproducido a través de tres huevos.

Tal y como se infiere a partir de la introducción, la UD gira en torno a una supuesta investigación sobre la capacidad reproductiva de ficticios dragones. La selección de la temática se ha realizado teniendo en cuenta el alumnado al que va dirigida la propuesta educativa y considerando que a estas edades, los dragones forman parte del ámbito lúdico de la literatura fantástica juvenil y por tanto, tienen asociadas connotaciones de misterio, exotismo y aventura, lo que puede despertar el interés de los estudiantes.

Explicitación de las ideas previas de los estudiantes.

Partiendo de la premisa de que el aprendizaje se hace significativo cuando permite encontrar sentido a nuevas ideas al relacionarlas o integrarlas con lo previamente conocido, es importante en las fases iniciales explicitar las concepciones de los estudiantes en torno a la temática que se va a trabajar. Para ello, el docente puede utilizar preguntas tales como éstas:

- ¿Has oído hablar de alguna investigación sobre dragones?
- ¿De qué forma investigan los científicos?

- ¿Cómo se obtienen/desarrollan nuevos conocimientos científicos sobre una determinada temática?
- ¿Qué es una hipótesis?
- ¿Qué es una teoría científica?
- ¿Es lo mismo una hipótesis que una teoría?
- ¿Es lo mismo una teoría científica que una ley? ¿Por qué?

Las anteriores preguntas provocarán una lluvia de ideas que el docente puede gestionar utilizando la pizarra. Es recomendable aceptar todas las respuestas sin entrar en valoraciones acerca de su adecuación, generando una atmósfera de debate y flexibilidad intelectual.

A continuación y desde un punto de vista didáctico, es interesante hacer explícitos los objetivos educativos de la UD. En este sentido, se informará al alumnado de que las actividades que se van a llevar a cabo, ayudarán a entender mejor de qué forma los científicos investigan y desarrollan conocimiento y a comprender qué es una hipótesis, una ley científica y una teoría y el papel diferenciado que éstas juegan en la orientación de las investigaciones, la descripción o la explicación de fenómenos, respectivamente.

Formulación de hipótesis

Tras proponer un contexto motivador, intentar explicitar las ideas previas de los estudiantes en torno a la forma en que la ciencia genera conocimiento e indicar el propósito formativo de la unidad didáctica, las siguientes actividades animan a los estudiantes a formular hipótesis relacionadas con el tema que se va a investigar. Para ello se sugieren preguntas guía tales como:

- ¿De qué depende la capacidad reproductiva de los dragones?
- ¿Qué factores creéis que son responsables de que los dragones generen uno, dos o tres huevos, con fines reproductivos?

Análisis de las evidencias disponibles y contraste de hipótesis

Una vez que el alumnado se ha constituido en pequeños grupos de trabajo de unas tres personas para discutir y establecer sus propias hipótesis iniciales, se les proporciona la información recogida en los anexos 1, 2 y 3 (ver también figura 1). Se trata de información sobre las estirpes de dragones encontradas, incluyendo una imagen que describe la fisonomía característica de la estirpe en estudio. A continuación, se les pide que discutan en pequeño grupo las siguientes cuestiones:

- ¿Permiten los datos recogidos contrastar algunas de vuestras hipótesis iniciales? Razonad la respuesta.
- Si la respuesta a la anterior pregunta fuese negativa, cabría plantear la siguiente cuestión, ¿qué datos habrían permitido contrastar vuestras hipótesis iniciales? ¿Cómo se podría haber obtenido dicha información?
- ¿Qué conclusiones os permiten extraer los datos disponibles?

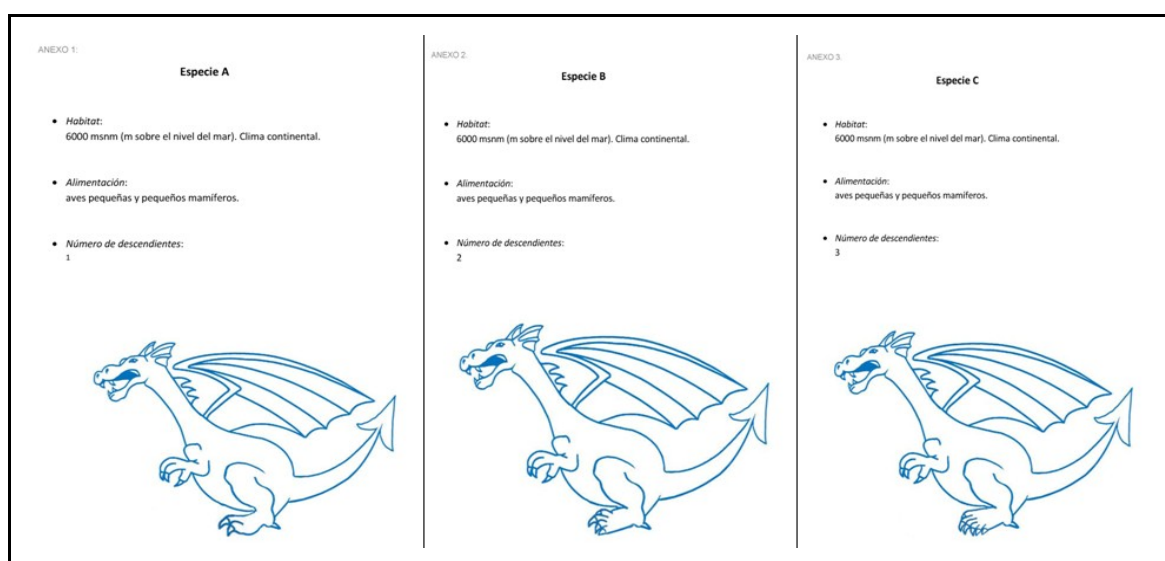


Figura 1. Anexos 1, 2 y 3

Puesta en común y discusión de las conclusiones obtenidas: Diferencia entre observación e inferencia

En la anterior actividad, el alumnado ha analizado en pequeños grupos la información de los anexos 1, 2 y 3 y ha revisado el grado de adecuación de sus hipótesis previas, a la luz de los datos recabados por los científicos. Además, se les ha pedido que discutan los resultados intentando extraer conclusiones.

Una vez que los estudiantes han reflexionado de forma personal intercambiando y debatiendo ideas con sus compañeros de grupo es el momento para hacer una puesta en común, que permita recoger todas las aportaciones y re-orientarlas, en caso de que se considere oportuno.

Se pretende que el alumnado llegue a inferir que existe una relación entre el número de dedos presentes en cada una de las patas traseras de un dragón hembra y su capacidad para generar descendientes.

La tabla 1, además de ofrecer la oportunidad para aclarar la diferencia entre observación e inferencia y sentar las bases para posteriormente distinguir entre ley y teoría, dirige la atención de los estudiantes hacia los aspectos clave de la supuesta información recabada por los científicos, facilitando que los estudiantes establezcan las inferencias oportunas.

Es por ello que en este punto, y dependiendo de las respuestas aportadas por los estudiantes hasta el momento, el profesor puede utilizar la tabla 1 para ofrecer andamiaje en la extracción de inferencias, pidiéndole al alumnado que decida si, los enunciados contenidos en las filas A-M, se corresponden con observaciones o con inferencias.

Posteriormente se hará una puesta en común de las decisiones tomadas por los estudiantes respecto a los enunciados de la tabla 1, discutiendo las diferencias entre observación e inferencia. Un enunciado expresa una observación cuando describe algo directamente apreciable a través de los sentidos (con o sin instrumentales específicos), sobre lo que varios observadores coincidirían fácilmente. Una inferencia es un enunciado extraído a partir de los datos observados, que propone interpretaciones que van más allá de lo directamente observado e introducen en los datos la idealización y abstracción típicas del pensamiento científico en la forma de explicaciones, conclusiones, predicciones, etc. De acuerdo con esto, los enunciados A, B, C, D, E, F, I, J, K serían observaciones y G, H, L y M se corresponderían con inferencias.

Tabla 1. Diferencia entre observación e inferencia.

	Este enunciado es	Observación	Inferencia
A	Los dragones se reproducen mediante huevos		
B	La mayoría de los dragones conocidos son capaces de poner un único huevo		
C	Hay dragones que ponen dos huevos		
D	Hay dragones que ponen tres huevos		
E	Las tres estirpes de dragones conocidas viven en hábitat similares		
F	Las tres estirpes de dragones conocidas tienen una alimentación similar		
G	El hábitat no parece influir en la capacidad reproductiva de los dragones		
H	La alimentación no parece influir en la capacidad reproductiva de los dragones		
I	Los dragones que poseen 3 dedos en las patas traseras únicamente pueden poner 1 huevo		
J	Los dragones que poseen 5 dedos en las patas traseras pueden poner 2 huevos		
K	Los dragones que poseen 7 dedos en las patas traseras pueden poner 3 huevos		
L	Existe una relación entre la fisionomía del dragón y el número de huevos que es capaz de poner un dragón hembra		
M	Los genes implicados en el número de dedos de las patas traseras están relacionado con los que codifican el número de descendientes que un dragón puede tener (número de huevos)		

**A, B, C, D, E, F, I, J, K son observaciones; G, H, L y M son inferencias*

Describiendo y proponiendo explicaciones: elaborando leyes y teorías

Una vez analizada y discutida la información recabada sobre las tres estirpes de dragón y aclarada la diferencia entre observación e inferencia, es el momento de trabajar sobre la distinción entre ley y teoría científica. Con este propósito, el docente puede animar a los estudiantes a que trabajando de nuevo en pequeños grupos, propongan o identifiquen lo siguiente:

- Una forma de describir la relación observada entre el número de dedos de las patas traseras del dragón y el número de huevos que éste puede poner.
- Una posible propuesta que explique dicha relación.

A nivel científico, una ley es un enunciado que describe las relaciones observadas entre distintos fenómenos (lo que se correspondería con “a”) y una teoría es un modelo conceptual más amplio que explica las relaciones observadas y, tal vez, otras adicionales, y por tanto, se correspondería con “b”.

Diferencia entre hipótesis, ley y teoría

Las actividades previas proporcionan experiencias para facilitar la distinción significativa entre hipótesis, ley y teoría científica.

Al inicio de la unidad didáctica, se pide a los estudiantes que formulen hipótesis sobre la capacidad reproductiva de los dragones y posteriormente, se les aporta datos, con objeto de que evalúen la adecuación de sus hipótesis iniciales y extraigan conclusiones.

Por lo tanto, los estudiantes pueden fácilmente concluir que las hipótesis son suposiciones o conjeturas que se formulan a priori para explicar provisionalmente unas determinadas observaciones y que pretenden ser contrastadas con la experiencia.

Por otro lado, tras la discusión en pequeños grupos y con la ayuda de la tabla 1, se ha enfatizado la diferencia entre observaciones e inferencias, sentando las bases para distinguir entre ley y teoría científica.

A continuación se ha solicitado que en pequeños grupos se proponga o identifique un enunciado que describa los datos observados y otro que los explique. Esta última actividad constituye una buena oportunidad para establecer un paralelismo entre estos dos tipos de enunciados y los conceptos de ley y teoría científica.

Así, una ley científica es un enunciado que describe las relaciones observadas entre determinados factores o fenómenos, relaciones que frecuentemente se pueden expresar mediante una ecuación matemática.

Por otra parte, una teoría científica es un marco conceptual que explica de forma coherente y consistente un conjunto de fenómenos interrelacionados. Las teorías frecuentemente introducen entes o constructos teóricos para originar modelos explicativos (este es el caso de conceptos como gen, energía potencial, átomo, electrón, orbital molecular...). Es posible generar distintas inferencias o explicaciones para justificar un mismo conjunto de datos o de observaciones. Las leyes describen observaciones y las teorías proponen explicaciones asociadas a inferencias.

Utilizando el contexto ficticio aportado por la unidad didáctica “Investigando Dragones” y dependiendo del grado de competencia y habilidad del alumnado se espera que los estudiantes lleguen, con mayor o menor dificultad, a establecer una relación entre los dedos de la pata trasera del dragón (D) y el número de huevos (H) que la criatura pone, que puede ser expresada por la siguiente ecuación:

$$D = 2H + 1$$

Y que se puede enunciar con la siguiente ley:

El número de dedos (D) presentes en las patas traseras de un dragón hembra, es el doble más uno, el número de huevos (H) con el que dicho espécimen se reproduce.

Para explicar esta relación se puede recurrir al concepto de gen y proponer la siguiente teoría:

El gen que determina el número de dedos de las patas traseras del dragón está relacionado con el que establece el número de huevos a través de los cuales el dragón se reproduce.

Discusión de la propuesta y consideraciones finales

El presente trabajo describe la unidad didáctica “Investigando Dragones”, detallando la secuencia de enseñanza aprendizaje e integrando orientaciones y recomendaciones para los docentes en cada una de las actividades propuestas.

En este apartado final pretendemos complementar el apoyo necesario para implementar dicha propuesta en el aula, enfatizando las ideas adecuadas e ingenuas más importantes sobre el aspecto de NdC abordado aquí. Así mismo, en el apéndice incluido al final del trabajo, se adjuntan materiales para trabajar la UD con los estudiantes.

Con objeto de captar el interés y la implicación del alumnado, la UD parte de un tema potencialmente motivador por ser llamativo: los dragones como criaturas fantásticas, sofisticadas y en peligro de extinción. Con el pretexto de investigar dichas criaturas, se aporta un contexto y una experiencia, en los que cobran significado los conceptos de hipótesis, teoría y ley, para facilitar la comprensión de uno de los aspectos sobre la naturaleza del conocimiento científico, sobre el que frecuentemente se poseen importantes errores conceptuales, cuya clarificación puede ser una ayuda importante para el docente.

Trabajos previos sobre las nociones de los estudiantes en torno a los términos hipótesis, teoría y ley (Ariza, Quesada y Ocaña, 2009) revelan concepciones erróneas asociadas al término teoría, y sugieren que los estudiantes tienden a identificar una teoría con una descripción de la realidad, o con una hipótesis demostrada experimentalmente.

Diversos estudios indican que, en general, el alumnado no percibe las teorías como estructuras conceptuales coherentes, que frecuentemente utilizan constructos para ofrecer una explicación lógica de determinados fenómenos naturales. Por el contrario, existe una tendencia a asociarlas a la demostración experimental de hipótesis. Solomon, Duvén y Scott (1994) clasifican las ideas de los estudiantes sobre las teorías en tres grupos: a) teoría como un conjunto de hechos b) como una corazonada o conjetura sobre lo que ocurrirá y c) como una explicación de por qué suceden las cosas (cercana a la idea adecuada de consenso).

Una hipótesis es una conjetura sobre lo que se cree que va a pasar o se va a observar. Por eso, las hipótesis describen un resultado que se predice o presupone a priori, mientras que como se ha mencionado anteriormente, el principal objetivo de una teoría no es describir, sino ofrecer una explicación coherente con los fenómenos observados, aunque para ello sea necesario crear constructos o elementos teóricos, que permitan generar un marco conceptual lógico.

La literatura especializada (Lederman, 2007) muestra también como, el alumnado, posee ideas inadecuadas sobre el significado de ley científica, considerando que se trata de un ente científico de rango superior a una teoría. No obstante, las leyes no son más que enunciados, que describen relaciones observadas entre fenómenos interrelacionados en la naturaleza.

Una visión predominante en los estudiantes sobre las relaciones entre ellas afirma que las teorías se convierten en leyes, una vez que han sido verificadas repetidamente y se dispone de un grado suficiente de evidencia (leyes como teorías maduras). Esta visión ingenua dota a las leyes de una categoría superior respecto a las teorías, sin entender que las teorías, son diferentes formas de conocimiento científico que las leyes científicas, y su finalidad no es llegar a convertirse en éstas (Dagher, Brickhouse, Shipman y Letts, 2004; Ryan y Aikenhead, 1992).

Para explicar la diferencia entre leyes y teorías, Lederman (2007), ofrece un ejemplo ilustrativo: Las leyes recogen expresiones, que describen las relaciones entre fenómenos observables. La ley de Boyle relaciona la presión de un gas perfecto con su volumen, a una temperatura determinada. Las teorías por el contrario, son inferencias que pretenden explicar los fenómenos observados. Por ejemplo, la teoría cinético-corpúscular ofrece una justificación a lo observado y descrito por la Ley de Boyle. Por lo tanto, las teorías son productos de la ciencia tan legítimos como las leyes, pero diferentes epistemológicamente, y no es adecuado considerar que los científicos formulan inicialmente teorías con la esperanza de que un día éstas, adquieran el estatus de leyes (antes al contrario, las teorías suelen contener y explicar muchas leyes).

En esta línea y tal y como se ha discutido durante la descripción de la UD, la propuesta educativa “Investigando Dragones” ofrece una experiencia al alumnado que les facilita la distinción significativa entre hipótesis, ley y teoría. Para ello se les plantea un tema de investigación y se les implica en la formulación inicial de hipótesis, en la búsqueda de

enunciados que describan los resultados observados (ley) y en la aplicación de modelos conceptuales explicativos de dichos resultados (teorías).

Al mismo tiempo y aunque no constituye el objetivo principal de este trabajo, la UD permite aplicar algunos contenidos del currículum de la Educación Secundaria asociados a las Ciencias de la Naturaleza, tales como los conceptos de gen y fenotipo, trabajados en cuarto curso de Educación Secundaria.

Tomando en consideración lo expuesto anteriormente, podemos concluir que, teniendo en cuenta la escasez de materiales didácticos específicamente diseñados para facilitar la comprensión sobre la NdC y la importancia de ofrecer una enseñanza explícita sobre ésta, la presente UD constituye un recurso pedagógico de interés, para todos aquellos docentes preocupados por facilitar la alfabetización científica de su alumnado.

Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias al Proyecto de Investigación EDU2010-16553 financiado por una ayuda del Plan Nacional de I+D del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

Referencias bibliográficas

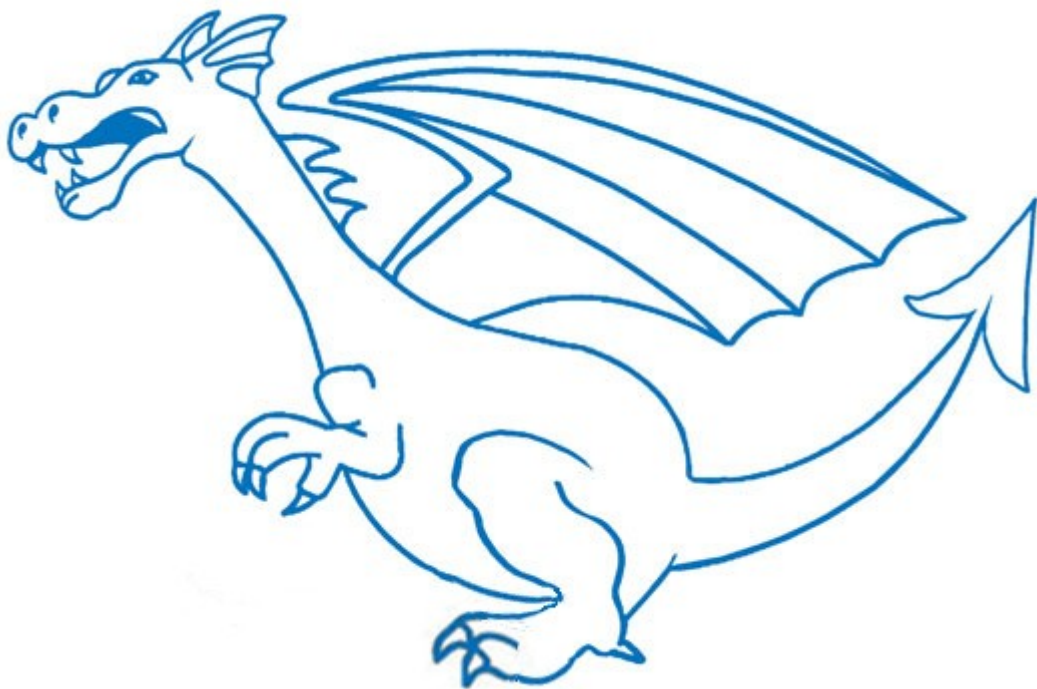
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007a). Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: Aspectos Epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 202-225. http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen4/Numero_4_2/Acevedo_et_al_2007.pdf
- Acevedo, J.A., Vázquez, A., Manassero, M.A. y Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: Fundamentos de una Investigación Empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación Científica*, 4(1), 42-66, http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen4/Numero_4_1/Acevedo_2007.pdf
- Aikenhead, G. S. y Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *ScienceEducation*, 76(5), 477-491.
- Ariza, M.; Quesada, A. y Ocaña, M. (2009). Construyendo una visión adecuada sobre la naturaleza de la ciencia en futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 1356-1359.
- Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero M. A. y García-Carmona, A. (Coord.). (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). Consultado 08/03/2012 en www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf
- Dagher, Z. R., Brickhouse, N. W., Shipman, H. y Letts, W. J. (2004). How some college students represent their understandings of the nature of scientific theories. *International Journal of Science Education*, 26(6), 735-755.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. y Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham, UK: Open University Press
- Duschl, R., Maeng, S. y Sezen A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: a review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123-182.

- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- García-Carmona, A., Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 403-412.
- Lederman, N. G., Abd-el-Khalick, F., Bell, R. L. y Schwartz, R. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. En *Handbook of Research in Science Education*, 2ª edición. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Rudolph, J. L. (2003). Portraying epistemology: School science in historical context. *Science Education*, 87, 64-79.
- Ryan, A.G. y Aikenhead, G.S. (1992). Students' preconceptions about epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Solomon, J., Duveen, J. & Scott, L. (1994). Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, 16(3), 361-373.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica de los lectores. Consultado el 08/03/2012 en <http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>
- Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 4(2), 1-30. Consultado el 08/03/2012 en http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N2.pdf
- Vázquez, A., García-Carmona, A. y Manassero, M. A. (2010). Nature of Science in Science Education: Some Contributions of Current Research with Students. En L. Gómez, D. Belenguer, I. Candel (Eds.) *International Technology, Education and Development Conference*. Valencia: IATED
- Vázquez, Á. y M. A. Manassero (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(1), 2-31. Consultado en <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira>.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2007a). Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad. *Educación química* 18(1), 38-55.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: la Comunidad Tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 331-363. Consultado el 08/03/2012 en http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART7_Vol6_N2.pdf

ANEXO 1:

Especie A

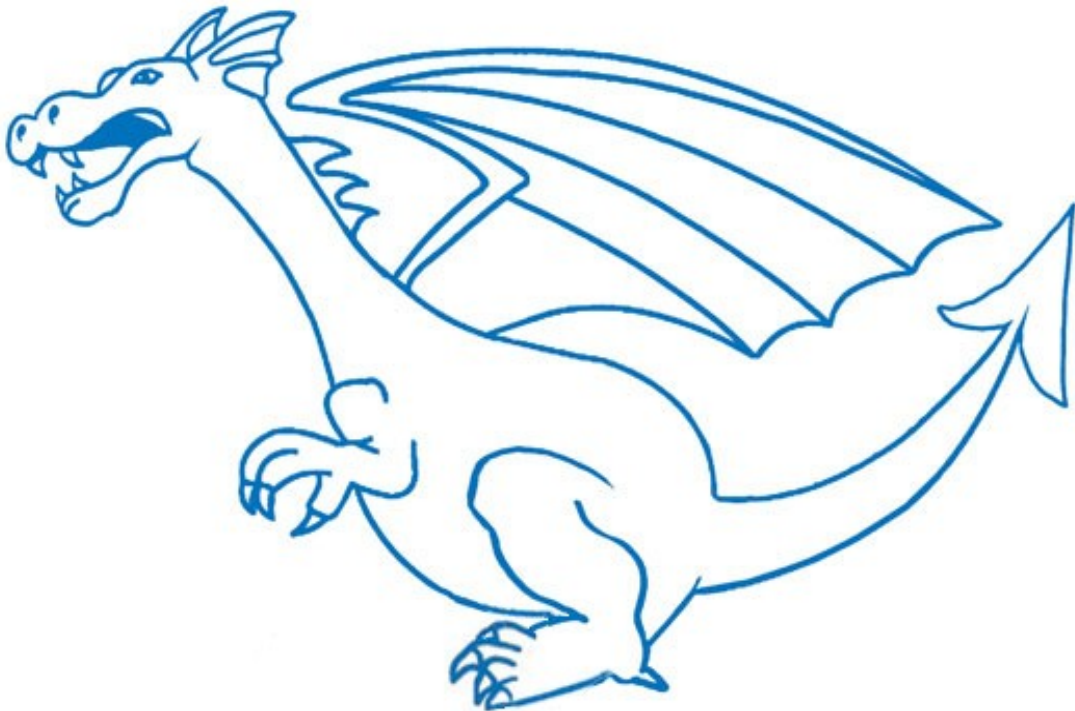
- *Habitat:*
6000 msnm (m sobre el nivel del mar). Clima continental.
- *Alimentación:*
aves pequeñas y pequeños mamíferos.
- *Número de descendientes:*
1



ANEXO 2

Especie B

- *Habitat:*
6000 msnm (m sobre el nivel del mar). Clima continental.
- *Alimentación:*
aves pequeñas y pequeños mamíferos.
- *Número de descendientes:*
2



ANEXO 3

Especie C

- *Habitat:*
6000 msnm (m sobre el nivel del mar). Clima continental.
- *Alimentación:*
aves pequeñas y pequeños mamíferos.
- *Número de descendientes:*
3

